

UNIVERSITATEA TRANSILVANIA DIN BRAȘOV



FACULTATEA DE INGINERIE ELECTRICĂ ȘI ȘTIINȚA CALCULATOARELOR

DEPARTAMENT AUTOMATICĂ ȘI INFORMATICĂ APLICATĂ

Proiect Ingineria reglării automate

Tema nr. 57

Autor

Andrei VASILCOI

Iunie 2018, Brașov

Cuprins

1	Tema proiectului	2
2	Indicații și recomandări	2
3	Rezolvare	4
3.1	Proiectarea unui regulator PID prin metode de cvasi-optim: varianta Kessler	4
3.2	Metode experimentale de proiectare a reguletoarelor PID: metoda Ziegler-Nichols . . .	6
3.3	Proiectarea unui sistem de reglare după stare	6
4	Concluzii	7

1 Tema proiectului

Se consideră un proces modelat prin funcția de transfer:

$$G_p(s) = \frac{K_p}{(sT_{p1} + 1)(sT_{p2} + 1)(sT_{p3} + 1)} \quad (1)$$

Se cere să se realizeze o analiză comparativă a mai multor soluții privind proiectarea unui sistem de reglare automată care să respecte performanțele impuse: $e_{st} = 0$, $M_v \leq m_{v,max}$ și $t_s \leq t_{s,max}$. (Valorile impuse ale indicatorilor de performanță sunt date în tabel.) Pentru notarea timpului de stabilire se consideră banda de stabilitate de 2%.

Soluțiile impuse sunt:

- proiectarea unui regulator PID prin metode de cvasi-optim: criteriul modulului standard sau varianta Kessler;
- metode experimentale de proiectare a reguletoarelor PID: metoda Ziegler-Nichols (a răspunsului la intrare treaptă);
- proiectarea unui sistem de reglare după stare.

Detalii privind cerințele:

- Pentru fiecare soluție se vor realiza scheme Simulink și se vor nota performanțele obținute. Dacă este necesar, se vor ajusta suplimentar parametrii reguletoarelor până când sistemul de reglare respectă performanțele impuse.
- Pentru fiecare lege de reglare obținută se vor determina ecuațiile cu diferențe necesare unei implementări numerice. Se va prezenta codul sursă al unui program de implementare a cel puțin unui regulator.
- În capitolul de concluzii se va prezenta o comparație a performanțelor obținute, a efortului de proiectare și a altor aspecte considerate importante cu scopul de a argumenta alegerea unei soluții ca fiind cea mai potrivită pentru cazul considerat.

Tab. 1: Date de proiectare

Tema nr.	Parametrii procesului				$M_{v,max}$	$t_{s,max}$	Student
	K_p	T_{p1}	T_{p2}	T_{p3}			
57	1.1	0.7	0.5	10	1%	3s	Vasilcoi S. Andrei

2 Indicații și recomandări

- Pentru proiectarea prin metode analitice (de cvasi-optim), la determinarea prin calcul a parametrilor regulatorului se vor considera modele simplificate ale procesului dat. Simplificările trebuie să fie argumentate. La simulări însă, se va utiliza funcția de transfer dată inițial.

- b) Pentru metoda experimentală, este necesară a procesare cât mai precisă a răspunsului procesului în circuit deschis la semnal de intrare de tip treaptă. Pentru acest lucru este indicat să se realizeze un program Matlab.
- c) Pentru proiectarea unui sistem de reglare după stare, se va determina inițial modelul în spațiul stărilor. Apoi se va evalua controlabilitatea și observabilitatea modelului obținut.
- d) La determinarea ecuațiilor cu diferențe, valoarea aleasă a perioadei de eșantionare se va argumenta.

3 Rezolvare

3.1 Proiectarea unui regulator PID prin metode de cvasi-optim: varianta Kessler

Se consideră funcția de transfer:

$$G_p(s) = \frac{1.1}{(0.7s + 1)(0.5s + 1)(10s + 1)} \quad (2)$$

Se poate observa că funcția de transfer a procesului nu are zerouri și are o constantă de timp mare și două constante de timp mici, ce pot fi compensate. Pentru proiectarea regulatorului vom folosi criteriul modului varianta Kessler. Varianta Kessler permite ca toate constantele de timp mici să se înlocuiască cu o singură constantă de timp obținută din suma acestora notată cu $T_\Sigma = T_{p1} + T_{p2}$. Forma funcției de transfer în buclă deschisă pentru metoda Kessler este:

$$G_d^{CMVK}(s) = \frac{1}{2sT_\Sigma(sT_\Sigma + 1)} \quad (3)$$

$$G_d^{CMVK}(s) = G_R(s)G_p(s) \quad (4)$$

Pentru rezolvarea prin metoda Kessler calculele se vor efectua utilizând forma simplificată a procesului. În simulare însă se va folosi forma originală a procesului. Rezolvarea ecuațiilor și aflarea funcției de transfer a regulatorului este:

$$T_\Sigma = 0.7 + 0.5 = 1.2$$

$$G_R(s) = \frac{G_d^{CMVK}(s)}{G_p(s)} = \frac{1}{\frac{2.4s(1.2s + 1)}{1.1}} = \frac{10s + 1}{2.64s} = \frac{10}{2.64} \frac{10s + 1}{10s} = 3.78(1 + \frac{1}{10s})$$

Din rezolvare rezultă un regulator PI care are un zero ce compensează constanta de timp mare a procesului. De asemenea conține și componentă integrativă care asigură $e_{st} = 0$. Funcția de transfer respectă condiția de realizabilitate fizică. Performanțele sistemului și identificarea coeficienților se pot observa în tabelul 2, Fig.1 și Fig.2.:

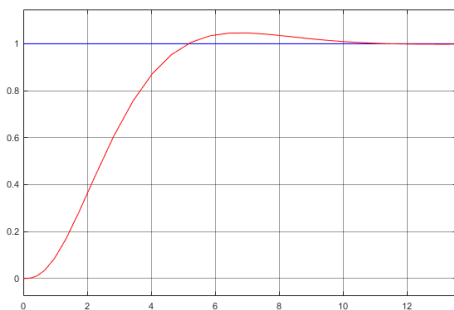


Fig. 1: Răspunsul sistemului la intrare treaptă unitară

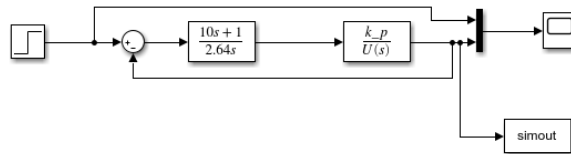


Fig. 2: Modelarea procesului în Simulink

Tab. 2: Performanțe

	e_{st}	M_v	t_s	K_r	T_i
Impus	0	1	3	-	-
Obtinut	0	4.56	9.04	3.78	10

Avand in vedere lucrarea experimentală 2 unde s-au observat efectele modificării parametrilor regulatorului asupra indicatorilor de calitate, s-a încercat atingerea performanțelor impuse prin încercări. Pentru implementarea cu încercări s-a pornit de la următoarea formă a regulatorului PID prezenta în lucrarea 6:

$$G_r(s) = k_r \left(1 + \frac{1}{T_i} + \frac{sT_d}{sT_f + 1} \right) \quad (5)$$

Folosind modelul simulink din Fig.3. După ulterioare încercări de a modifica coeficienții regulatorului s-au obținut performanțele din Tab. 3 și Fig.3:

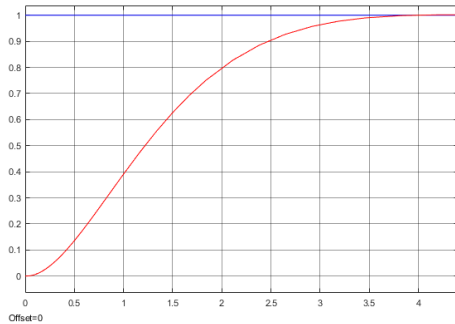


Fig. 3: Raspunsul celui mai performant sistem din încercări

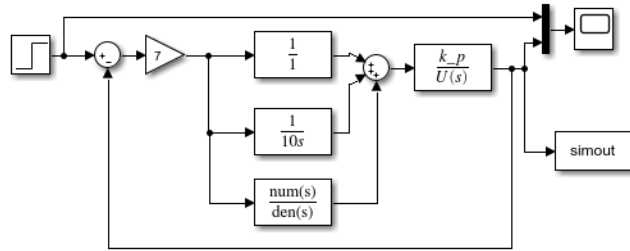


Fig. 4: Model PID folosit pentru încercări

Tab. 3: Încercări experimentale

	e_{st}	M_v	t_s	K_r	T_i	T_d
Impus	0	1	3	-	-	-
Obtinut	0	0.06	3.89	7	10	0.8
Obtinut	0	0.19	3.3	7.3	11	0.7
Obtinut	0	0.09	3.2	7.4	11.6	0.67

3.2 Metode experimentale de proiectare a reguletoarelor PID: metoda Ziegler-Nichols

Pentru a aplica metoda experimentală este nevoie ca prima oară să se înregistreze valoarea răspunsului sistemului în buclă deschisă la mărimea de intrare treaptă unitară.

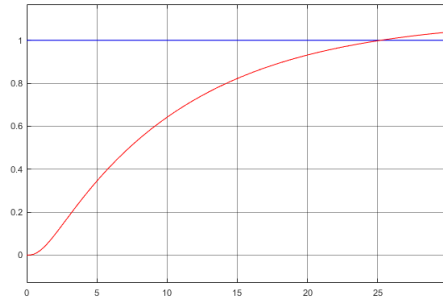


Fig. 5: Răspunsul sistemului în buclă deschisă

Având aceste date putem calcula derivata de ordinul I. În continuare se va calcula punctul de maxim al derivatei de ordinul I și se va verifica în datele derivatei de ordinul II dacă punctul de maxim îndeplinește condițiile de a fi punct de inflexiune. Odată găsit acest punct de inflexiune se va trasa tangenta la graficul răspunsului sistemului prin punctul de inflexiune. Se găsesc punctele de intersecție cu axele x și y .

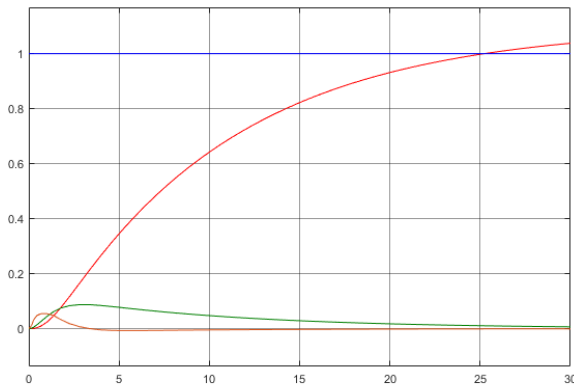


Fig. 6: Răspunsul sistemului și derivatele de ordin I și II

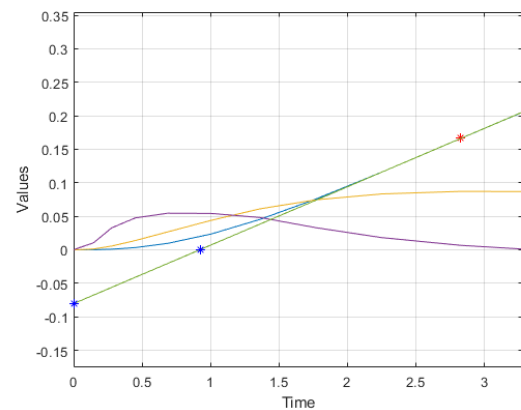


Fig. 7: Puncte necesare pentru proiectare

Aceste puncte de intersecție semnifică valorile a și L din algoritmul metodei experimentale care se vor folosi pentru a obține valorile estimate ale coeficienților regulatorului după cum urmează:

3.3 Proiectarea unui sistem de reglare după stare

4 Concluzii

Bibliografie

- [1] J. Doe, *The Book without Title*. Dummy Publisher, 2100.